



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 26 608 T2 2004.10.14

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 0 959 801 B1

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: A61C 8/00

(21) Deutsches Aktenzeichen: 697 26 608.7

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/SE97/00212

(96) Europäisches Aktenzeichen: 97 903 696.9

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 97/029713

(86) PCT-Anmeldetag: 12.02.1997

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 21.08.1997

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 01.12.1999

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: 03.12.2003

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 14.10.2004

(30) Unionspriorität:

9600517 13.02.1996 SE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,  
NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:

Astra Tech AB, Mölndal, SE

(72) Erfinder:

HANSSON, Stig, S-436 39 Askim, SE

(74) Vertreter:

Vossius & Partner, 81675 München

(54) Bezeichnung: SCHRAUBBARES IMPLANTAT

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Implantate zum Einpflanzen in Knochen, insbesondere auf Zahníimplantate, wobei diese Implantate mit Gewinden oder einer orientierten Makrorauheit versehen sind. Der Ausdruck "orientierte Makrorauheit" sollte so verstanden werden, dass er langgestreckte Vorsprünge umfasst, die kontinuierlich sein können oder auch nicht, oder die entlang des Umfanges eines Querschnittes des Implantats orientiert sein können oder nicht. Die orientierte Makrorauheit sollte einen Querschnitt oder ein Profil haben, welches auf dieselbe Weise wie das Gewindeprofil spezifiziert ist, welches nachfolgend und in den Patentansprüchen definiert ist.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Knochenimplantate werden normalerweise aus einem starren Material hergestellt, meistens aus Titan, welches, wie sich gezeigt hat, mit Knochengewebe affin ist und eine ausgezeichnete biologische Verträglichkeit aufweist. Knochenimplantate haben oft eine zylindrische, gewindetragende Form und werden in Bohrlöcher des Knochengewebes eingeschraubt, welche bereits mit Gewinde versehen sind oder nicht.

**[0003]** Unter bestimmten Bedingungen erreichen Titanimplantate einen Knocheneinbau in den Knochen, welcher gelegentlich als Osseointegration bezeichnet wird. Es wurde gefunden, dass einige Faktoren, welche die Reaktion des Gewindes auf ein Knochenimplantat bestimmen, die folgenden sind: die biochemische Verträglichkeit des Implantatmaterials, die Auslegung des Implantats, die Implantatoberfläche, der Zustand des aufnehmenden Substrats, die chirurgische Technik und die Belastungsbedingungen. Was die Ausbildung des Implantats betrifft, so zeigt eine Zusammenstellung der Literatur über Zahníimplantate, dass bisher Implantate mit einer grossen Anzahl unterschiedlicher Formen verwendet wurden. Es scheint, als ob neue Formen von Implantaten in grossem Umfang eingeführt wurden und auf Grundlage von Versuch und Irrtum bewertet wurden. Da der Grund, weswegen ein Implantat ausfällt, auf vielen Faktoren beruht, kann es sein, dass eine gute Formgebung ausgeschieden werden musste, weil beispielsweise eine unrichtige chirurgische Technik oder unzulässige Belastungsbedingungen vorlagen. In den frühen 1960er Jahren wurden Dentalimplantate aus Titan mit Gewinde verwendet, und es scheint, dass solche Implantate keinen Erfolg hatten; möglicherweise wegen der oben angegebenen Gründe.

**[0004]** Eine Überbelastung ist als der hauptsächliche aetiologische Faktor des Ausfallens von Implantaten identifiziert worden. Wenn der Knochen übermässiger Belastung ausgesetzt wird, so wird er resorbiert. Unter der Annahme, dass eine Belastung die Resorption des Knochens einleitet, wenn die Belastung bestimmte Werte erreicht, so sollte ein Implantat eine solche Formgebung besitzen, dass die Höchstbelastungen im Knochen als Auswirkung einer bestimmten Belastung minimiert werden.

**[0005]** Schraubenförmige Dentalimplantate aus Titan dominieren heutzutage auf dem Markt. Mehrere Studien haben die Beziehung zwischen der makroskopischen Formgebung und der Rückhaltekraft von Schrauben im Knochen zum Gegenstand gehabt. Bei weitem die meisten dieser Studien wurden im Rahmen einer orthopädischen Disziplin angestellt und beruhten auf Experimenten. Ausziehversuche wurden in den 50er Jahren an Oberschenkelknochen und Schienbeinen von Hunden ausgeführt, wobei Vitalium-Knochenschrauben mit unterschiedlichen Gewindeprofilen verwendet wurden. Es wurde beobachtet, dass sich beim Ausziehen einer gerade eingesetzten Schraube die Gewindegänge nicht ablösten, sondern die Schraube zog eine kleine konusförmige Hülse aus kompaktem Knochen aus. Klinische Versuche zeigen, dass eine Knochenplatte und ihre Schrauben manchmal vom Knochen ausgeschwemmt werden. Diese Ausschwemmung geht einer Resorption des Knochens voraus. Es wurde die Meinung geäussert, dass ein solcher Verlust von Rückhaltekraft durch mechanische Faktoren verursacht wird. Eine kontinuierliche Kompression von weichem Knochen durch Schraubgewinde ergab, wie gezeigt wurde, eine Hypertrophie und eine Neuausrichtung der Trabescula parallel mit der Kraft. Es ist auch schon beansprucht worden, dass ein Kortikalknochen, der einer Kompression unterworfen wird, seine Integrität behält und nicht resorbiert wird.

**[0006]** Die Relevanz von Ausziehexperimenten kann jedoch in Zweifel gezogen werden. Bei einem Auszugsversuch wird eine akute Fraktur hervorgerufen. Dentalimplantate fallen selten durch eine akute Fraktur des tragen Knochens aus. Die Fraktur der Grenzfläche zwischen Implantat und Knochen ist im Gegenteil normalerweise das Ende eines langen Prozesses marginaler Knochenresorption. Wie oben erwähnt wurde, bedeutet die Annahme, dass eine durch Belastung verursachte Knochenresorption eingeleitet wird, wenn die Belastungen eine bestimmte Höhe erreichen, dass einem Implantat eine solche Form gegeben werden soll, dass die Belastungsspitzen im Knochen minimiert werden.

**[0007]** Das Dokument WO-A-93/06786 beschreibt ein endosteales Dentalimplantat, das aus einer asymmetrischen kegelstumpfförmigen Schraube besteht, bei der die führende Gewindeflanke nahezu senkrecht auf der Achse des Implantats steht. Die zweite Flanke ist schmäler und bildet einen Winkel von 30° mit einer zur Achse senkrecht verlaufenden Linie.

**[0008]** Es wurde gefunden, dass ein Knochenimplantat, welches mit Gewinde oder einer orientierte Makrorauhheit versehen ist und welches Belastungen auf das Knochengewinde übertragen soll, die Belastungsspitzen im umgebenden Knochengewinde minimiert, wenn es gemäss dem anliegenden Hauptanspruch ausgestaltet ist. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen niedergelegt.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnung

**[0009]** **Fig.** 1 zeigt ein Profil eines erfindungsgemässen Gewindes oder einer Rauhheit;

**[0010]** **Fig.** 2 veranschaulicht die sogenannten Kontaktlemente auf dem Profil;

**[0011]** **Fig.** 3 zeigt das zur Berechnung der Belastung verwendete Modell;

**[0012]** **Fig.** 4 und 5 veranschaulichen die Verteilung der Elemente um das Profil eines erfindungsgemässen Profils und eines Implantats des Standes der Technik;

**[0013]** **Fig.** 6 zeigt den Ort der unterschiedlichen Höchstbelastungen;

**[0014]** **Fig.** 7 zeigt eine alternative Ausführungsform der Spitze des Gewindegangs

#### Einzelbeschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung

**[0015]** **Fig.** 1 veranschaulicht, wie die Parameter definiert sind, die das erfindungsgemäss Profil beschreiben. Das gezeigte Implantat ist ein schraubenförmiges Dentalimplantat mit einem Durchmesser von 3,5 mm.

**[0016]** Das Gewindeprofil hat zwei Gewindeflanken, und die Höhe des Gewindewulstes ist mit D bezeichnet. Der Spitzenradius an der Spitze des Gewindeprofils, wo sich die beiden Gewindeflanken treffen, wird als R bezeichnet und der Grundradius zwischen zwei benachbarten Gewindeprofilen als r. Die Gewindeflanken bilden einen Winkel v mit einer Ebene, die senkrecht auf einem Querschnitt des Gewindes und senkrecht auf der Oberfläche des Implantatkörpers steht. Der Abstand L ist als der Abstand zwischen den Punkten definiert, an denen sich die beiden Flanken des Gewindes mit der Oberfläche des Implantatkörpers schneiden, wobei die Oberfläche des Implantatkörpers als die zylindrische Fläche definiert wird, die die tiefsten Bereiche der Gewindegänge berührt.

**[0017]** Ein normales schraubenförmiges Implantat des Standes der Technik mit einem Gesamtdurchmesser von 3,5 mm ist gewöhnlich mit einem Gewinde versehen, bei dem die Höhe D etwa 0,35 mm beträgt und ein Flankenwinkel v von 30° und ein Spitzenradius R von etwa 0,065 mm vorhanden ist, was etwa einem Wert von 0,2D entspricht, und wobei der Grundradius etwa 0,05 mm entsprechend etwa 0,15D beträgt.

**[0018]** Wie oben erwähnt wurde, ist es die Aufgabe der Erfindung, die Belastungskonzentrationen im Knochengewinde auszugleichen und zu minimieren, welche ein Ergebnis einer Belastung des Implantats sind, damit eine gleichmässige Belastungsverteilung im Knochengewinde erreicht wird, und um eine Resorption des Knochengewindes wegen hoher Belastungskonzentrationen zu vermeiden, wobei auch niedrige Belastungen vermieden werden sollen, die ebenfalls eine Resorption von Knochengewinde verursachen können.

**[0019]** Erfindungsgemäss wurde festgestellt, dass die Schraubenwindungen ((Makrorauhheiten) entweder einen Spitzenradius von mehr als 0,4D oder einen Flankenwinkel von mehr als 35° aufweisen sollen, damit die Belastungsverteilung im Knochengewinde, welches das Implantat umgibt, praktisch ausgeglichen wird. Insbesondere sollte der Spitzenradius R grösser sein als 0,2D und kleiner als D unter den Bedingungen  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  und  $0,05 \leq D \leq 0,5$  mm, und grösser als 0,4D und kleiner als D, wenn  $10^\circ \leq v \leq 35^\circ$  und  $0,25 \leq D \leq 0,5$  mm sind.

**[0020]** Eine Ausführungsform, die gegenwärtig am vielversprechendsten ist, besitzt folgende Parameter  $0,03 \leq R \leq 0,05$  mm,  $37^\circ \leq v \leq 43^\circ$ ,  $0,01 \leq r \leq 0,025$  und  $0,08 \leq D \leq 0,15$ .

**[0021]** Die folgenden Berechnungen veranschaulichen diesen Punkt. Die Berechnungen werden mittels endlicher Elementanalyse ausgeführt. Es wird die Elastizitätstheorie gemäss Timothenko angewendet. Das verwendete Programm ist Ansys, Revision 5,0.

**[0022]** Der untersuchte Gegenstand ist ein vertikal orientiertes schraubenähnliches Implantat mit einem Hauptdurchmesser von 3,5 mm. Dieses Implantat ist aus identischen axialsymmetrischen Elementen aufgebaut, wo jedes Element einer Ganghöhe einer Schraube entspricht. Der Gewindegang wird auf jedem Element als Ring angesehen. Das Profil des Gewindes, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist; wird durch die Gewindetiefe (D), den Spitzenradius (R), den Flankenwinkel ( $v$ ), den Grundradius ( $r$ ) und einem geraden Bereich der Länge S am Grunde des Gewindes gekennzeichnet. Die Länge des gekrümmten Teiles eines solchen Elementes ist, wie oben definiert, als L bezeichnet. Der gerade Bereich der Länge (S) wurde als Koeffizient c multipliziert mit seiner Länge eingeführt ( $S = c \cdot L$ ). Die Berechnungen wurden für Werte der Gewindetiefe von 0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm und 0,4 mm ausgeführt, während der Wert des Spitzenradius als Koeffizient eingesetzt wurde, der mit der Gewindetiefe multipliziert wurde. Der Wert dieses Koeffizienten wurde auf 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 und 1 gesetzt. Der Flankenwinkel wurde zwischen  $0^\circ$  und  $60^\circ$  mit Stufen von  $10^\circ$  verändert. Der Grundradius wurde auf das 0,1-fache der Gewindetiefe gesetzt. Der Koeffizient c wurde mit 0, 0,2, 0,4 0,8 und 1,6 eingesetzt. Dies bedeutet, dass insgesamt  $4 \times 6 \times 7 \times 5 \times 1 = 890$  verschiedene Gewindeprofile verwendet wurden. Es wurde angenommen, dass das Implantat unendlich lang und vollständig im Kortikalknochen eingebettet war. Eine Be- rührung mit dem Knochen von 100% wurde angenommen. Es wurde weiter angenommen, dass der Knochen an der Innenwandung eines Aussenzylinders mit einem Durchmesser von 10,5 mm angelegt war, siehe **Fig. 1**. Weiterhin wurde eine Rotationssymmetrie vorausgesetzt. Das Implantat und der Aussenzylinder wurden als unendlich steif angenommen, während der Knochen als kontinuierliches Material, isotrop und linear elastisch mit einem Elastizitätsmodul (Youngmodul) von 150 GPa und einem Verhältnis nach Poisson von 0,3 betrachtet wurde. Es wurde vorausgesetzt, dass die Grenzfläche zwischen Knochen und Implantat reibungslos war und dass lediglich Druckkräfte zwischen dem Implantat und dem Knochen übertragen wurden. Diese Grenzflä- chenbedingungen werden mittels Kontaktlementen modelliert, siehe die Linien in der Nähe der Gewindeflä- che in **Fig. 2**. Wie aus **Fig. 2** hervorgeht, besitzen die Teile der Grenzfläche keine Kontaktlemente, und der Grund dafür besteht darin, dass der Knochen an der Grenzfläche in diesen Bereichen gemäss Versuchsreihen sich vom Implantat zurückgezogen hatte.

**[0023]** An das unendlich lange Implantat wurde eine unendlich grosse axiale Beanspruchung angelegt (eine begrenzte Beanspruchung pro Schraubenelement). Unter all diesen Annahmen werden sämtliche mechanischen Erscheinungen (Belastungen, Beanspruchungen, Verschiebungen) im Knochen an der Aussenseite aller Elemente auftreten, aus denen das unendlich lange Implantat zusammengesetzt ist. Demgemäß reicht es aus, ein einziges Element des Implantats zu untersuchen, einschliesslich des umgebenden Knochens, unter der Voraussetzung, dass zutreffende Grenzbedingungen aufgestellt werden können, wobei dieses Element mit dem umgebenden Knochen am oberen und unteren Element angrenzt. Die Grenzbedingungen, die verwendet wurden, bestanden darin, dass bei Anlegung der Belastung sämtliche Knotenpunkte im Knochen, die in der Horizontalebene liegen, die durch die obere Grenzfläche des Elementes bestimmt sind, paarweise den gleichen Verschiebungen wie die entsprechenden Knoten im Knochen unterworfen sind, die in der horizontalen Ebene liegen, die durch die untere Grenzfläche des gleichen Elementes definiert ist (**Fig. 3**).

**[0024]** Die Belastung F, die vom Implantatelement in das Knochengewebe übertragen wird „, wurde als eine Konstante (k) betrachtet, multipliziert mit der Länge ( $L + S$ ) des Implantatelementes, welch letzteres vom Spitzenradius, dem Flankenwinkel, dem Grundradius, der Gangtiefe und der Länge des gegebenenfalls vorhandenen geraden Bereiches abhingen. Die gesuchte Information war das Maximum der Zugbelastung, das Maximum der Druckbelastung und das Maximum der Belastung nach von Mises im Knochen als eine Funktion des Wertes der verwendeten Variablen. Das Implantatelement wurde als Modell mit vollständiger Steifheit und Festigkeit angesehen, die Belastung F wurde am fernersten Ende des Knochens angelegt, wie in **Fig. 3** zu se- hen ist.

**[0025]** Das Elementennetz wurde parametrisch aufgebaut. In **Fig. 4** und 5 ist das Elementennetz nahe des Implantats für zwei Berechnungsbeispiele gezeigt, die als Parameter Satz 1 und Parameter Satz 2 bezeichnet sind. Parameter Satz 1 entspricht einem Gewindeprofil gemäss Erfindung mit  $D = 0,1$  mm,  $v = 40^\circ$  und  $R = 0,4D$ ,  $r = 0,1D$ , wogegen Parameter Satz 2 grösstenteils dem oben erwähnten Implantat des Standes der Tech- nik entsprach. Jedes Element enthielt vier Knoten, wobei die Anzahl der Freiheitsgrade für jeden Knoten zwei beträgt. Die Anzahl von Elementen, die im Netz verwendet wurden, änderte sich mit der Länge des geraden Bereiches am Grunde des Gewindes, ausgedrückt durch den Koeffizienten c. Mit einem Koeffizientenwert c von 0, 0,2–0,9 und 0,8–1,6 beträgt die Anzahl der Elemente 1129, 1305 bzw. 1481.

**[0026]** Es wird angenommen, dass die schraubenähnliche Struktur in Kortikalknochen eingebettet wurde. Die folgenden Mittelwerte der Belastungsgrenze von menschlichem Kortikalknochen sind empirisch bestimmt worden:  $\sigma_{u0}^+ = 133 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{u0}^- = 193 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_{u90}^+ = 51 \text{ MPa}$  und  $\sigma_{u90}^- = 133 \text{ MPa}$ , wobei die Belastungsgrenze bezüglich Spannung und Druck jeweils mit  $\sigma_u^+$  und  $\sigma_u^-$  bezeichnet ist.  $\sigma_{u0}^+$  und  $\sigma_{u90}^+$  bedeuten die Belastungsgrenze parallel zur Längsachse des Knochens bzw. in einer quer dazu verlaufenden Ebene. Es ist natürlich, Knochenbelastungen verschiedener Art in Beziehung zur Belastungsgrenze zu bringen. Die Verhältnisse  $\sigma_{u0}^-/\sigma_{u0}^+$  betragen nach dem Obenstehenden 1,45 bzw. 2,61. Um Vergleiche mit den erhaltenen Werten der Zugfestigkeit zu vereinfachen, werden die Verhältnisse  $\sigma_{max}^-/1,45$  und  $\sigma_{max}^-/2,61$  in den Ergebnissen angeführt (Tabellen 1 bis 4 und 9 bis 12).

**[0027]** Für die Berechnungen ist jedoch das Verhältnis  $\sigma_{max}^-/2$  ein Wert, der am wichtigsten ist.

**[0028]** Wenn man von der Belastung nach von Mises absieht, kann die Kombination der Werte der Profilparameter, die den höchsten dieser Werte minimiert,  $\sigma_{max}^+$  und  $\sigma_{max}^-/2$ , als die günstigste Gewindeauslegung angesehen werden.

**[0029]** Die Belastung nach von Mises kann durch folgende Formel ausgedrückt werden:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_1 \cdot \sigma_3},$$

in welcher  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  und  $\sigma_3$  Hauptbelastungen darstellen. Die Formel berücksichtigt keine Situation, bei der die Druckfestigkeit eines Materials von der Zugfestigkeit abweicht. Eine Analyse der Ergebnisse zeigt, dass sich das Maximum der von Mises-Belastung regelmäßig aus einer hochkompressiven Hauptbelastung, einer kompressiven Belastung mittlerer Stärke und einer unbedeutenden Zugbelastung zusammensetzt. Das Maximum der von Mises-Belastung sollte als hauptsächliche Druckbelastung zwecks direktem Vergleich mit der maximalen Zugbelastung durch einen bestimmten Faktor dividiert werden. Es liegt auf der Hand, dass der Wert dieses Faktors zwischen 1,45 und 2,61 liegt (er erreicht niemals weder den Wert 1,45 noch den Wert 2,61). Aus diesem Grunde werden die Verhältnisse  $\sigma_{e,max}/1,45$  und  $\sigma_{e,max}/2,61$  in den Ergebnissen der nachstehenden Tabellen 1 bis 4 und 9 bis 12 aufgeführt. Die von Mises-Belastungen werden zwecks Vergleich angegeben.

**[0030]** Die Tabellen 1 bis 4 zeigen die Ergebnisse der Berechnungen. Wie aus den Tabellen hervorgeht, liegen die Werte von  $\sigma_{max}^+$  im allgemeinen unter 2 und für  $\sigma_{max}^-/1,45$  im allgemeinen unter 2,75 (was einem Wert für  $\sigma_{max}^-/2$  auch unter 2 entspricht), und zwar innerhalb der Rechtecke, die in Tabelle 1 nur gestrichelt gezeichnet sind, jedoch den Feldern  $0,05 \text{ mm} \leq D \leq 0,5 \text{ mm}$  und  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  entsprechen, wobei der Spitzenradius R grösser als  $2D$ , jedoch kleiner als D ist;  $0,25 \text{ mm} \leq D \leq 0,5 \text{ mm}$  und  $10^\circ \leq v \leq 35^\circ$  und R grösser als  $0,4D$ , jedoch kleiner als D ist. Die Berechnungsergebnisse der Parameterfelder, in denen  $\sigma_{max}^+ < 2$  und  $\sigma_{max}^-/2 < 2$  sind, werden in den Tabellen mit ausgezogenen Linien umrahmt.

**[0031]** Wie klar aus Obigem hervorgeht, fallen die Implantate mit Standard-Schraubgewinde ausserhalb dieser Parameterfelder.

**[0032]** Die Tabellen 5 bis 8 zeigen die Auswirkungen, die durch die Einführung eines Abstandes S zwischen zwei benachbarten Gewindegängen entstehen. Der Anteil des Abstandes S, der gerade verläuft, wird als ein mit der Länge L zu multiplizierender Koeffizient angegeben, d. h. der oben definierte Abstand zwischen den Punkten, an denen die Flanken den Körper des Implantats schneiden. Wenn der Koeffizient 0 beträgt, ergibt sich eine positive Auswirkung der Einführung eines geraden Bereiches. Es ist ersichtlich, dass positive Auswirkungen hauptsächlich bei kleinen Flankenwinkeln und bei relativ grossen Spitzenradien auftreten, wobei die Parameterfelder leicht nach niederen Spitzenradien bei kleinen spitzen Winkeln verschoben werden, wie beispielweise ersichtlich ist, wenn man die Tabellen 3 und 11 miteinander vergleicht.

**[0033]** Die Tabellen 9 bis 12 zeigen die Mindestwerte für  $\sigma_{max}^+$  und den entsprechenden Wert für  $\sigma_{max}^-/1,45$ , entsprechend den in den Tabellen 5 bis 8 angegebenen Werten.

**[0034]** Einige bevorzugte Ausführungsformen werden in der nachfolgenden Liste zusammengestellt.

## DE 697 26 608 T2 2004.10.14

	Spitzen-radius	Flanken-winkel	Grund-radius	Gewinde-höhe (D)	Gerade Grundzone
1	0.03-0.05	37°-43°	0.01-0.025	0.08-0.15	0
2	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.05-0.15	0
3	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.05-0.15	0-1D
4	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.05-0.15	1D-2D
5	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.15-0.25	0
6	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.15-0.25	0-1D
7	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.15-0.25	1D-2D
8	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.25-0.35	0
9	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.25-0.35	0-1D
10	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.25-0.35	1D-2D
11	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.35-0.50	0
12	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.35-0.50	0-1D
13	0.2D-1.0D	35°-55°	0 -0.2D	0.35-0.50	1D-2D
14	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-1.0D	0.05-0.15	0
15	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.8D	0.05-0.15	0-1D
16	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.6D	0.05-0.15	1D-2D
17	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-1.0D	0.15-0.25	0
18	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.8D	0.15-0.25	0-1D
19	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.6D	0.15-0.25	1D-2D

## DE 697 26 608 T2 2004.10.14

20	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-1.0D	0.25-0.35	0
21	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.8D	0.25-0.35	0-1D
22	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.6D	0.25-0.35	1D-2D
23	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-1.0D	0.35-0.50	0
24	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.8D	0.35-0.50	0-1D
25	0.2D-1.0D	35°-55°	0.2D-0.6D	0.35-0.50	1D-2D
26	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.05-0.15	0
27	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.05-0.15	0-1D
28	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.05-0.15	1D-2D
29	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.15-0.25	0
30	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.15-0.25	0-1D
31	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.15-0.25	1D-2D
32	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.25-0.35	0
33	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.25-0.35	0-1D
34	0.2D-1.0D	35°-55°	< 0.85R	0.25-0.35	1D-2D
35	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	0
36	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	0-1D
37	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	1D-2D
38	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	0
39	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	0-1D
40	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	1D-2D
41	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	0
42	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	0-1D
43	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	1D-2D

## DE 697 26 608 T2 2004.10.14

44	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	0
45	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	0-1D
46	0.4D-0.6D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	1D-2D
47	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-1D	0.05-0.15	0
48	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.05-0.15	0-1D
49	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-1D	0.15-0.25	0
50	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.15-0.25	0-1D
51	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-1D	0.25-0.35	0
52	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.25-0.35	0-1D
53	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-1D	0.35-0.50	0
54	0.4D-0.6D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.35-0.50	0-1D
55	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	0
56	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	0-1D
57	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.05-0.15	1D-2D
58	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	0
59	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	0-1D
60	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.15-0.25	1D-2D
61	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	0
62	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	0-1D
63	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.25-0.35	1D-2D
64	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	0
65	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	0-1D
66	0.6D-1D	10°-35°	0 -0.6D	0.35-0.50	1D-2D

## DE 697 26 608 T2 2004.10.14

67	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-1D	0.05-0.15	0
68	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.05-0.15	0-1D
69	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-1D	0.15-0.25	0
70	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.15-0.25	0-1D
71	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-1D	0.25-0.35	0
72	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.25-0.35	0-1D
73	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-1D	0.35-0.50	0
74	0.6D-1D	10°-35°	0.6D-0.8D	0.35-0.50	0-1D
75	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	0
76	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	0-1D
77	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	1D-2D
78	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	0
79	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	0-1D
80	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	1D-2D
81	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	0
82	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	0-1D
83	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	1D-2D
84	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	0
85	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	0-1D
86	0.4D-0.6D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	1D-2D
87	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	0
88	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	0-1D
89	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.05-0.15	1D-2D

90	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	0
91	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	0-1D
92	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.15-0.25	1D-2D
93	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	0
94	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	0-1D
95	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.25-0.35	1D-2D
96	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	0
97	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	0-1D
98	0.6D-1D	10°-35°	< 0.85R	0.35-0.50	1D-2D

**[0035]** In bevorzugten Ausführungsformen betrug der Abstand zwischen benachbarten Gewindegängen weniger als 3D, vorzugsweise weniger als 2D.

**[0036]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Gewinde oder die Makrorauhheit mit einer Microrauhheit kombiniert, die eine Porengröße von 2 µ bis 20 µ, vorzugsweise von 2 µ bis 10 µ aufweist. Durch eine solche Kombination von makroskopischer und mikroskopischer Verbindung nehmen im Implantat Oberflächen, die, wenn sie glatt sind, mechanisch mit dem Knochen nicht zusammenwirken, bei der Übertragung der Belastungen auf den Knochenteil. Dies gleicht weiterhin die Belastungskonzentrationen aus, die unvermeidlich sind und im Knochengewebe aufgrund der makroskopischen Verriegelung entstehen und welche die Erfindung mildern will, was weiterhin die erfundungsgemäßen Wirkungen verstärkt. Die mikroskopische Rauhheit kann beispielsweise durch Sandstrahlen oder chemisches Anätzen erzielt werden, wird aber vorzugsweise durch Sandstrahlen mit Teilchen aus TiO<sub>2</sub> erzielt.

Tabelle 1: Gewindetiefe = 0,1 mm. Kein gerader Bereich am Gewindegrund. Die Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Kombinationen von Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normbelastung pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45$ ,  $\sigma_{\max}^-/2,61$ ,  $\sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben. Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0°	$\sigma_{\max}^+$	2.76	2.80	2.87	2.64	2.57
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.66	2.65
	$\sigma_{e,\max}/1,45$					2.58
10°	$\sigma_{\max}^+$	3.02	2.86	2.84	2.72	2.65
	$\sigma_{\max}^-/1,45$					2.62
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.81	3.10
						2.65
20°	$\sigma_{\max}^+$	2.78	2.55	2.52	2.64	2.63
	$\sigma_{\max}^-/1,45$					2.51
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				3.14	3.75
						2.90
30°	$\sigma_{\max}^+$	2.46	2.25	2.15	2.21	2.29
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.22	2.72
	$\sigma_{e,\max}/1,45$					3.29
						2.57
40°	$\sigma_{\max}^+$	2.17	1.98	1.83	1.81	1.83
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.19	2.19	2.25	2.31	2.40
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.25			1.91	2.00
						2.14
50°	$\sigma_{\max}^+$	2.15	1.88	1.67	1.59	1.56
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.70	2.53	2.52	2.55	2.59
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.51	2.27	2.03	1.95	2.01
						2.08
60°	$\sigma_{\max}^+$	2.49	2.22	1.89	1.71	1.61
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	3.68	3.53	3.31	3.13	3.30
	$\sigma_{\max}^-/2,61$				1.74	1.83
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	3.10	2.90	2.66	2.46	2.43
						2.56

Tabelle 2: Gewindetiefe = 0,2 mm. Kein gerader Bereich am Gewindegrund. Die Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Kombinationen von Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normbelastung pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45$ ,  $\sigma_{\max}^-/2,61$ ,  $\sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben. Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.65	2.59	2.44	2.24	2.19
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.30	2.36
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.28	..
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.96	2.62	2.39	2.25	2.08
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.27	2.40
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.17	2.32
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.80	2.51	2.34	2.23	2.06
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.63	3.11
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.10	2.46
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.51	2.28	2.12	2.06	2.01
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.37	2.84
	$\sigma_{e,\max}/1,45$					2.26
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.23	2.02	1.86	1.81	1.78
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.63	2.32	2.09	2.09	2.12
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.37				2.41
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.24	1.95	1.72	1.63	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	3.14	3.18	2.52	2.38	2.39
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.68	2.37	2.01	1.96	1.90
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.58	2.30	1.94	1.76	1.66
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	4.09	3.83	3.50	3.10	3.41
	$\sigma_{\max}^-/2,61$			1.95	1.82	1.90
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	3.38	3.10	2.69	2.43	2.54

Tabelle 3: Gewindetiefe = 0,3 mm. Kein gerader Bereich am Gewindegrund. Die Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Kombinationen von Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normbelastung pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45$ ,  $\sigma_{\max}^-/2,61$ ,  $\sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben. Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.54	2.42	2.11	2.04	1.99
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.17	2.21
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.14	2.19
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.82	2.43	2.13	1.92	1.88
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.12	2.23
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.08	2.20
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.78	2.42	2.12	1.95	1.80
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				1.98	2.44
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				1.97	2.88
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.54	2.27	2.04	1.91	1.78
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.23	2.26
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				1.88	2.16
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.29	2.04	1.86	1.77	1.70
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.73	2.37	1.97	1.97	2.01
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.39				2.28
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.30	1.99	1.75	1.65	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	3.25	2.94	2.54	2.29	2.28
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.77	2.37	2.01	1.92	1.83
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.64	2.34	1.98	1.80	1.69
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	4.18	3.90	3.54	3.38	3.57
	$\sigma_{\max}^-/2,61$				1.88	1.98
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	3.48	3.16	2.68	2.56	2.68

Tabelle 4: Gewindetiefe = 0,4 mm. Kein gerader Bereich am Gewindegrund. Die Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Kombinationen von Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normbelastung pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45$ ,  $\sigma_{\max}^-/2,61$ ,  $\sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben. Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flanken- winkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.41	2.22	1.96	1.91	1.87
	$\sigma_{\max}^-/1.45$			2.07	2.11	
	$\sigma_{e,\max}/1.45$			1.98	2.08	2.14
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.72	2.26	1.93	1.75	1.77
	$\sigma_{\max}^-/1.45$			1.82	2.01	2.14
	$\sigma_{e,\max}/1.45$			1.87	2.04	2.16
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.76	2.34	1.96	1.75	1.62
	$\sigma_{\max}^-/1.45$			1.90	2.35	2.77
	$\sigma_{e,\max}/1.45$				1.92	2.23
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.55	2.26	1.96	1.75	1.63
	$\sigma_{\max}^-/1.45$			1.78	2.15	2.58
	$\sigma_{e,\max}/1.45$				1.84	2.12
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.33	2.06	1.85	1.72	1.60
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	2.77	2.38	1.94	1.90	1.95
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	2.39			1.66	1.84
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.35	2.03	1.76	1.65	1.58
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	3.29	2.95	2.54	2.27	2.23
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	2.81	2.35	2.01	1.90	1.81
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.68	2.38	2.01	1.82	1.70
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	4.21	3.92	3.53	3.54	3.74
	$\sigma_{\max}^-/2.61$				1.97	2.08
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	3.59	3.20	2.68	2.70	2.83
	$\sigma_{e,\max}/2.61$					1.65

Tabelle 5: Gewindetiefe = 0,1 mm. Die Längen des geraden Bereichs von S am Gewindegrund, die die Druckbelastungsgrenze, die Zugbelastungsgrenze und die Belastungsgrenze nach von Mises minimieren. Diese Länge ist als ein Koeffizient c angegeben, der mit der Länge der Gangkurve L des Gewindes (Fig. 1) zu multiplizieren ist. Die Tabelle zeigt die Werte dieses Koeffizienten.

Flanken winkel	Min imallast	Spitzenradius					
		0,1xD mm	0,2xD mm	0,4xD mm	0,6xD mm	0,8xD mm	D mm
0°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0.4	0.2	0.2	0.2	—
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0.4	0.4	0.8	0.8	—
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0.4	0.4	0.4	0.2	—
10°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0.8	0.8	0.8	0.8
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0.4	0.4	0.2	0
20°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0.2	0.2	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0.4	0.8	0.8	0.4
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0.4	0.4	0.4	0.2
30°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0	0.4	0.4	0.4
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0	0.2	0.2	0.2
40°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0	0.2	0.2	0.2
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0.2
50°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
60°	$\sigma^-_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_e_{\text{max}}$	0	0	0	0	0	0

Tabelle 6: Gewindetiefe = 0,2 min. Die Längen des geraden Bereichs von S am Gewindetiefe, die die Druckbelastungsgrenze, die Zugbelastungsgrenze und die Belastungsgrenze nach von Mises minimieren. Diese Länge ist als ein Koeffizient c angegeben, der mit der Länge der Gangkurve L des Gewindes (Fig. 1) zu multiplizieren ist. Die Tabelle zeigt die Werte dieses Koeffizienten.

Flanken winkel	Min imallast	Spitzenradius					
		0,1xD mm	0,2xD mm	0,4xD mm	0,6xD mm	0,8xD mm	D mm
0°	$\sigma^-_{\max}$	0	0.4	0.4	0.2	0	—
	$\sigma^+_{\max}$	0	0.4	0.4	0.8	0.8	—
	$\sigma_e_{\max}$	0	0.4	0.4	0.8	0.2	—
10°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0.2	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0.2	0.4	0.8	0.8	0.8
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0.4	0.4	0.2	0
20°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0.4	0.8	0.4	0.8
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0.2	0.4	0.4	0.2
30°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0.4	0.4	0.4
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0	0.2	0.2	0.2
40°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0.2	0.2
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0	0	0	0.2
50°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0	0	0	0
60°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_e_{\max}$	0	0	0	0	0	0

Tabelle 7: Gewindetiefe = 0,3 min. Die Längen des geraden Bereichs von S am Gewindegrund, die die Druckbelastungsgrenze, die Zugbelastungsgrenze und die Belastungsgrenze nach von Mises minimieren. Diese Länge ist als ein Koeffizient e angegeben, der mit der Länge der Gangkurve L des Gewindes (Fig. 1) zu multiplizieren ist. Die Tabelle zeigt die Werte dieses Koeffizienten.

Flanken winkel	Min imallast	Spitzenradius					
		0,1xD mm	0,2xD mm	0,4xD mm	0,6xD mm	0,8xD mm	D mm
0°	$\sigma^-_{\max}$	0	0.4	0.4	0.2	0	—
	$\sigma^+_{\max}$	0.2	0.4	0.8	0.8	0.8	—
	$\sigma_{e,\max}$	0	0.4	0.4	0.8	0.2	—
10°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0.2	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0.4	0.8	0.8	0.4
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0.4	0.4	0.2	0
20°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0.2	0.4	0.4	0.4
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0.2	0.4	0.2	0.2
30°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0.4	0.2	0.4
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0.2	0.2	0.2
40°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0.2
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0
50°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0
60°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0

Tabelle 8: Gewindetiefe = 0,4 mm. Die Längen des geraden Bereichs von S am Gewindegrund, die die Druckbelastungsgrenze, die Zugbelastungsgrenze und die Belastungsgrenze nach von Mises minimieren. Diese Länge ist als ein Koeffizient c angegeben, der mit der Länge der Gangkurve L des Gewindes (Fig. 1) zu multiplizieren ist. Die Tabelle zeigt die Werte dieses Koeffizienten.

Flanken winkel	Min imallast	Spitzenradius					
		0,1xD mm	0,2xD mm	0,4xD mm	0,6xD mm	0,8xD mm	D mm
0°	$\sigma^-_{\max}$	0	0.4	0.4	0.2	0	—
	$\sigma^+_{\max}$	0	0.4	0.4	0.8	0.8	—
	$\sigma_{e,\max}$	0	0.2	0.4	0.8	0.2	—
10°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0.2	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0.2	0.4	0.8	0.8
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0.2	0.4	0.2	0
20°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0.2	0.4	0.4
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0.2	0.2	0.2
30°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0.2	0.2
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0.2	0.2	0
40°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0
50°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0
60°	$\sigma^-_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma^+_{\max}$	0	0	0	0	0	0
	$\sigma_{e,\max}$	0	0	0	0	0	0

Tabelle 9: Gewindetiefe = 0,1 mm. Niedrigste Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Längen des geraden Bereichs am Gewindeggrund ( $c = 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6$ ) für verschiedene Kombinationen aus Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normlast pro Längeneinheit des Implantatseigentts. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45, \sigma_{\max}^-/2,61, \sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$  sind die Werte ebenfalls angegeben (für die Parameterkombination, die  $\sigma_{\max}^+$  minimiert). Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.76	2.48	2.33	2.13	2.02
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.92	6.17
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					3.42
	$\sigma_{e,\max}/1,45$					3.48
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	3.02	2.86	2.54	2.32	2.11
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				3.05	4.59
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					2.55
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.66	4.84
	$\sigma_{e,\max}/2,61$					2.91
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.78	2.55	2.46	2.27	2.18
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				3.02	4.04
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					2.25
	$\sigma_{e,\max}/1,45$				2.44	2.35
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.46	2.25	2.15	2.05	2.01
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.46	2.95
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					3.58
	$\sigma_{e,\max}/1,45$					1.99
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.17	<b>1.98</b>	<b>1.83</b>	<b>1.80</b>	<b>1.76</b>
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.19	2.19	2.25	2.52	2.58
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.24			1.99	2.02
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.15	<b>1.88</b>	<b>1.67</b>	<b>1.59</b>	<b>1.56</b>
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.70	2.53	2.52	2.55	2.60
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	2.51	2.27	2.03	1.95	2.02
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.49	2.22	1.89	1.71	1.61
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	3.68	3.53	3.31	3.13	3.30
	$\sigma_{\max}^-/2,61$				1.74	1.83
	$\sigma_{e,\max}/1,45$	3.11	2.91	2.66	2.46	2.43

Tabelle 10: Gewindetiefe = 0,2 mm. Niedrigste Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Längen des geraden Bereichs am Gewindegrund ( $e = 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6$ ) für verschiedene Kombinationen aus Flankenwinkel und Spitzenumradius als Ergebnis einer Normlast pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45, \sigma_{\max}^-/2,61, \sigma_{e,\max}^-/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}^-/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben (für die Parameterkombination, die  $\sigma_{\max}^+$  minimiert). Die Werte des Spitzenumradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenumradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.65	2.35	2.11	1.89	1.74
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.62	5.59
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					3.10
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$					3.18
	$\sigma_{e,\max}^-/2.61$					1.77
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.96	2.61	2.25	1.97	1.85
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.72	4.12
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					2.29
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$					4.37
	$\sigma_{e,\max}^-/2.61$					2.44
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.80	2.51	2.28	2.80	1.93
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.23	2.83
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					2.07
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$					2.39
	$\sigma_{e,\max}^-/2.61$					
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.51	2.28	2.12	2.01	1.88
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.20	2.63
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$					1.89
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.24	2.02	1.86	1.81	1.77
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	2.63	2.32	2.08	2.09	2.30
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$	2.37				1.81
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.24	1.95	1.72	1.63	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	3.14	2.87	2.52	2.38	2.39
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$	2.67	2.37	2.01	1.96	1.90
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.58	2.30	1.94	1.76	1.66
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	4.09	3.83	3.50	3.28	3.41
	$\sigma_{\max}^-/2.61$	2.27	2.13	1.95	1.82	1.90
	$\sigma_{e,\max}^-/1.45$	3.38	3.10	2.69	2.43	2.54

Tabelle 11: Gewindetiefe = 0,3 mm. Niedrigste Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Längen des geraden Bereichs am Gewindegrund ( $c = 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6$ ) für verschiedene Kombinationen aus Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normlast pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45, \sigma_{\max}^-/2,61, \sigma_{e,\max}/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}/2,61 > \sigma_{\max}^+$  sind die Werte ebenfalls angegeben (für die Parameterkombination, die  $\sigma_{\max}^+$  minimiert). Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.48	2.20	1.93	1.72	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.50	5.38
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					2.98
	$\sigma_{e,\max}/1.45$					3.07
	$\sigma_{e,\max}/2.61$					1.70
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.82	2.43	2.04	1.81	1.63
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.12	3.97
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					2.20
	$\sigma_{e,\max}/1.45$					4.23
	$\sigma_{e,\max}/2.61$					4.62
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.77	2.42	2.11	1.88	1.68
	$\sigma_{\max}^-/1.45$				2.11	2.70
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					1.97
	$\sigma_{e,\max}/1.45$					1.88
						2.32
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.53	2.27	2.04	1.91	1.72
	$\sigma_{\max}^-/1.45$					2.30
	$\sigma_{\max}^-/2.61$					1.69
	$\sigma_{e,\max}/1.45$					1.79
						2.08
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.29	2.04	1.86	1.77	1.70
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	2.73	2.37	1.97	1.97	2.01
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	2.39				2.61
						1.88
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.30	2.00	1.75	1.65	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	3.25	2.94	2.54	2.29	2.28
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	2.77	2.36	2.01	1.92	1.83
						1.85
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.64	2.34	1.98	1.80	1.69
	$\sigma_{\max}^-/1.45$	4.18	3.90	3.54	3.38	3.56
	$\sigma_{\max}^-/2.61$				1.88	1.98
	$\sigma_{e,\max}/1.45$	3.48	3.16	2.68	2.56	2.68
						2.81

Tabelle 12: Gewindetiefe = 0,4 mm. Niedrigste Werte von  $\sigma_{\max}^+$  für verschiedene Längen des geraden Bereichs am Gewindegrund ( $c = 0, 0,2, 0,4, 0,8, 1,6$ ) für verschiedene Kombinationen aus Flankenwinkel und Spitzenradius als Ergebnis einer Normlast pro Längeneinheit des Implantatsegments. Falls  $\sigma_{\max}^-/1,45, \sigma_{\max}^-/2,61, \sigma_{e,\max}^-/1,45$  oder  $\sigma_{e,\max}^-/2,61 > \sigma_{\max}^+$ , sind die Werte ebenfalls angegeben (für die Parameterkombination, die  $\sigma_{\max}^+$  minimiert). Die Werte des Spitzenradius angegeben als ein mit der Gewindetiefe (D) multiplizierter Koeffizient.

Flankenwinkel	Spitzenradius					
	0,1xD	0,2xD	0,4xD	0,6xD	0,8xD	D
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
$0^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.41	2.08	1.79	1.65	1.53
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.46	5.31
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					2.95
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$			1.75		3.03
	$\sigma_{e,\max}^-/2,61$					1.69
$10^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.72	2.26	1.88	1.67	1.52
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				2.06	3.92
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					2.18
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$					2.77
	$\sigma_{e,\max}^-/2,61$					2.39
$20^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.76	2.34	1.96	1.72	1.55
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				1.94	2.64
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					1.94
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$					1.87
$30^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.55	2.26	1.96	1.75	1.59
	$\sigma_{\max}^-/1,45$				1.78	2.24
	$\sigma_{\max}^-/2,61$					1.50
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$					1.79
$40^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.33	2.06	1.85	1.72	1.60
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	2.76	2.38	1.94	1.90	1.95
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$	2.39				2.22
$50^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.34	2.03	1.76	1.65	1.58
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	3.29	2.95	2.54	2.27	2.23
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$	2.81	2.35	2.01	1.90	1.81
$60^\circ$	$\sigma_{\max}^+$	2.68	2.38	2.01	1.82	1.70
	$\sigma_{\max}^-/1,45$	4.21	3.92	3.53	3.54	3.74
	$\sigma_{\max}^-/2,61$				1.97	2.08
	$\sigma_{e,\max}^-/1,45$	3.59	3.20	2.69	2.70	2.83
	$\sigma_{e,\max}^-/2,61$					2.97

[0037] Der Radius R war konstant und in den obigen Beispielen reell.

[0038] Bei einer bevorzugten Ausführungsform, die in Fig. 7 veranschaulicht ist, ist der Spitzenradius R an der Spitze des Gewindeganges imaginär und definiert als der Übergangspunkt P1 zwischen der geraden Flanke und der abgerundeten Spitze, wobei eine ersten Tangente durch P1 entlang der genannten Flanke verläuft,

und einen Scheitelpunkt P2 auf der Spitze, in welchem eine zweite Tangente an den abgerundeten Bereich parallel zur Längsrichtung des Implantats verläuft. Bei dieser Ausführungsform besitzt die abgerundete Spitze die Form eines gekrümmten Teiles, der in den genannten Punkten P1 und P1 seinen Ursprung nimmt und Tangenten in diesen Punkten besitzt, die mit der genannten ersten und zweiten Tangente jeweils zusammenfallen und einen Krümmungsradius von R1. Der Radius R1 kann sich beispielsweise von einem Wert  $R_{\min}$  auf einen Wert  $R_{\max}$  erhöhen oder kann sich von  $R_{\min}$  auf  $R_{\max}$  erhöhen und dann auf einen Wert Rmin abfallen.

**[0039]**  $R_{\min}$  sollte vorzugsweise grösser sein als 0,01 mm, und die Beziehung  $R_{\max}/R_{\min}$  vorzugsweise grösser als 3.

**[0040]** Ein spezieller Fall dieser Ausführungsform ist natürlich derjenige, dass der genannte Krümmungsradius R1 konstant ist und gleich dem imaginären Radius R, wobei die Spitze in diesem Falle kreisförmig ist mit einem Radius R.

**[0041]** Die folgenden Berechnungen veranschaulichen die Auswirkung der verschiedenen Krümmungsradien.

Gleichmässiger Spitzenradius ist = 0,04 mm

Flankenwinkel: 40°

Gewindetiefe: 0,1 mm

Grundradius: 0,01 mm

Höchstwert der Zugbeanspruchung: 1,784 MPa

**[0042]** Veränderlicher Krümmungsradius an der Spitze des Gewindes – kleine kontinuierliche Veränderungen:

Flankenwinkel: 40°

Gewindetiefe: 0,1 mm

Spitzenradius:  $R_{\min} = 0,025$  mm,  $R_{\max} = 0,055$  mm

Grundradius: 0,01 mm

Höchstwert der Zugbeanspruchung: 1,750 MPa

**[0043]** Veränderlicher Krümmungsradius an der Gewindespitzegrössere kontinuierliche Veränderungen

Flankenwinkel: 40°

Gewindetiefe: 0,1 mm

Spitzenradius:  $R_{\min} = 0,0010$  mm,  $R_{\max} = 0,069$  mm

Grundradius: 0,01 mm

Höchstzuglast: 1,721 MPa

**[0044]** Wie aus dem Obenstehenden hervorgeht, erhält man eine kleine Verbesserung bei einem veränderlichen Krümmungsradius.

**[0045]** Die Erfindung kann natürlich auf viele Arten im Bereich der anliegenden Ansprüche variiert werden. Beispielsweise soll darauf hingewiesen werden, dass die beiden Flankenwinkel des Gewindes oder der Rauheit notwendigerweise identisch sein müssen, selbst wenn dies die bevorzugte Ausführungsform ist. Bei manchen Anwendungen können die Winkel unterschiedlich sein, obschon beide in den spezifizierten Bereichen liegen. Bei anderen Anwendungen kann es ausreichen, dass die Flanken bei einer Höchstbeanspruchung einen Flankenwinkel im spezifizierten Gebiet aufweisen. Das gleich gilt für den Spitzenradius, der auf ähnliche Weise unterschiedliche Werte an den jeweiligen Seiten des Gewindes aufweisen kann, wobei beide Werte oder nur ein Wert im spezifizierten Bereich liegt.

### Patentansprüche

1. Gewinde oder orientierte Makrorauheit für Knochenimplantate, insbesondere mit Gewinde versehene Zahnimplantate, wobei ein Bereich des genannten Gewindes oder der Rauheit, d. h. das Profil, eine Höhe D besitzt und zwei Flanken sowie eine abgerundete Spitze, die die beiden Flanken verbindet, aufweist, jede Flanke einen Winkel v mit einer Ebene bildet, die auf dem Querschnitt des Gewindes oder der Rauheit sowie auf der Oberfläche des Implantatkörpers senkrecht steht, und wobei für jede Flanke
  - ein Übergangspunkt P1 zwischen der Flanke und der abgerundeten Spitze definiert ist und eine erste Tangente an der abgerundeten Spitze durch P1 entlang der genannten Flanke verläuft,
  - ein Scheitelpunkt P2 auf der abgerundeten Spitze definiert ist, bei dem eine zweite Tangente an die abgerundete Spitze parallel zur Längsrichtung des Implantats verläuft, und

– ein imaginärer Spitzenradius R an der Spitz e einen gekrümmten Bereich definiert, der in den genannten Punkten P1 und P2 beginnt und an diesen Punkten Tangenten aufweist, die mit der genannten ersten und zweiten Tangente zusammenfallen,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass für jede Flanke der Winkel v im Intervall  $10^\circ \leq v \leq 55^\circ$  liegt und für alle Flanken, bei denen  $10^\circ \leq v \leq 35^\circ$  ist, R einen Wert grösser als  $0,4D$  aufweist, wogegen für alle Flanken, worin  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  ist, R einen Wert grösser als  $0,2D$  besitzt.

2. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 1, wobei das genannte Gewinde oder die orientierte Makrorauhheit eine Grundlänge S aufweist, und bei der für  $0,15 \leq D \leq 0,25$  mm,  $10^\circ \leq v \leq 35^\circ$  und  $0,5D \leq S \leq 2D$  der Wert R grösser als  $0,5D$ , jedoch kleiner als  $0,7D$  ist.

3. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 1, wobei für  $0,05 \text{ mm} \leq D \leq 0,5 \text{ mm}$  und  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  der Spitzenradius R grösser ist als  $0,2D$ , jedoch kleiner als D, und worin für  $0,25 \text{ mm} \leq D \leq 0,5 \text{ mm}$  und  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  R grösser ist als  $0,4D$ , jedoch kleiner als D.

4. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 3, worin für  $0,25 \text{ mm} \leq D \leq 0,5 \text{ mm}$  und  $10^\circ \leq v \leq 35^\circ$  R grösser ist als  $0,6D$ , jedoch kleiner als D.

5. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 3, worin  $0,05 \leq D \leq 0,25$  mm für  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  ist.

6. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 5, worin  $0,05 \leq D \leq 0,15$  mm für  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  ist.

7. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 6, worin  $0,05 \leq D \leq 0,1$  mm für  $35^\circ \leq v \leq 55^\circ$  ist.

8. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 1, worin ein Grundradius r am Grunde der Vertiefung zwischen zwei benachbarten Gewindegängen oder Rauheiten gebildet ist und  $0,03 \leq R \leq 0,05$  mm,  $37^\circ \leq v \leq 43^\circ$ ,  $0,01 \leq r \leq 0,025$  mm und  $0,08 \leq D \leq 0,15$  mm ist.

9. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, worin der Abstand zwischen zwei benachbarten Gewindegängen oder Rauheiten, von Scheitel zu Scheitel gemessen, kleiner als  $3D$ , vorzugsweise kleiner als  $2D$  ist.

10. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit nach einem der vorstehenden Ansprüche, worin die abgerundete Spitz e einen Krümmungsradius R1 aufweist und der genannte Krümmungsradius R1 konstant und gleich dem genannten imaginären Radius R ist.

11. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der Ansprüche 1 bis 9, worin die genannte abgerundete Spitz e einen Krümmungsradius R1 besitzt, und für jede Flanke, welche den genannten Übergangspunkt P1 mit dem Scheitelpunkt P2 verbindet, der genannte Krümmungsradius R1 zwischen einem Mindestwert  $R_{\min}$  und einem Höchstwert  $R_{\max}$  schwankt.

12. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Beziehung  $R_{\max}/R_{\min}$  grösser ist als 3.

13. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass  $R_{\min}$  grösser als  $0,01$  mm ist.

14. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das genannte Profil symmetrisch ist.

15. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte imaginäre Spitzenradius R oder der Krümmungsradius R1 an einer ersten Gewindeflanke vorhanden ist, die zweite Gewindeflanke mit einem anderen Radius an der Spitz e des Gewindes versehen ist, der vom genannten ersten Radius abweicht und eine Tangente aufweist, die mit der genannten zweiten Flanke zusammenfällt, und eine Tangente durch P2, die zur Längsachse des Implantats parallel ist.

16. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeich-

net, dass der genannte imaginäre Spitzradius R oder der Krümmungsradius R1 an einer ersten Gewindeflanke angeordnet ist, wobei die zweite Gewindeflanke mit einem weiteren Radius am Gewindescheitel versehen ist, der mit dem genannten ersten Radius identisch ist und der eine Tangente aufweist, die mit der genannten zweiten Flanke zusammenfällt, sowie eine Tangente durch P2, die parallel zur Längsachse des Implantats verläuft.

17. Gewinde oder orientierte Makrorauhheit gemäss einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannten Gewinde oder Makrorauhheiten mit einer aufgeprägten Mikrorauhheit versehen sind, welche eine Porengröße von 2 µ bis 20 µ, vorzugsweise 2 µ bis 10 µ aufweist.

18. Implantat, dadurch gekennzeichnet, dass es mindestens zum Teil mit Gewinden oder einer orientierten Makrorauhheit gemäss einem der vorstehenden Ansprüche versehen ist.

19. Implantat gemäss Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass es mit mindestens einem zusätzlichen, unterschiedlichen Gewinde versehen ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

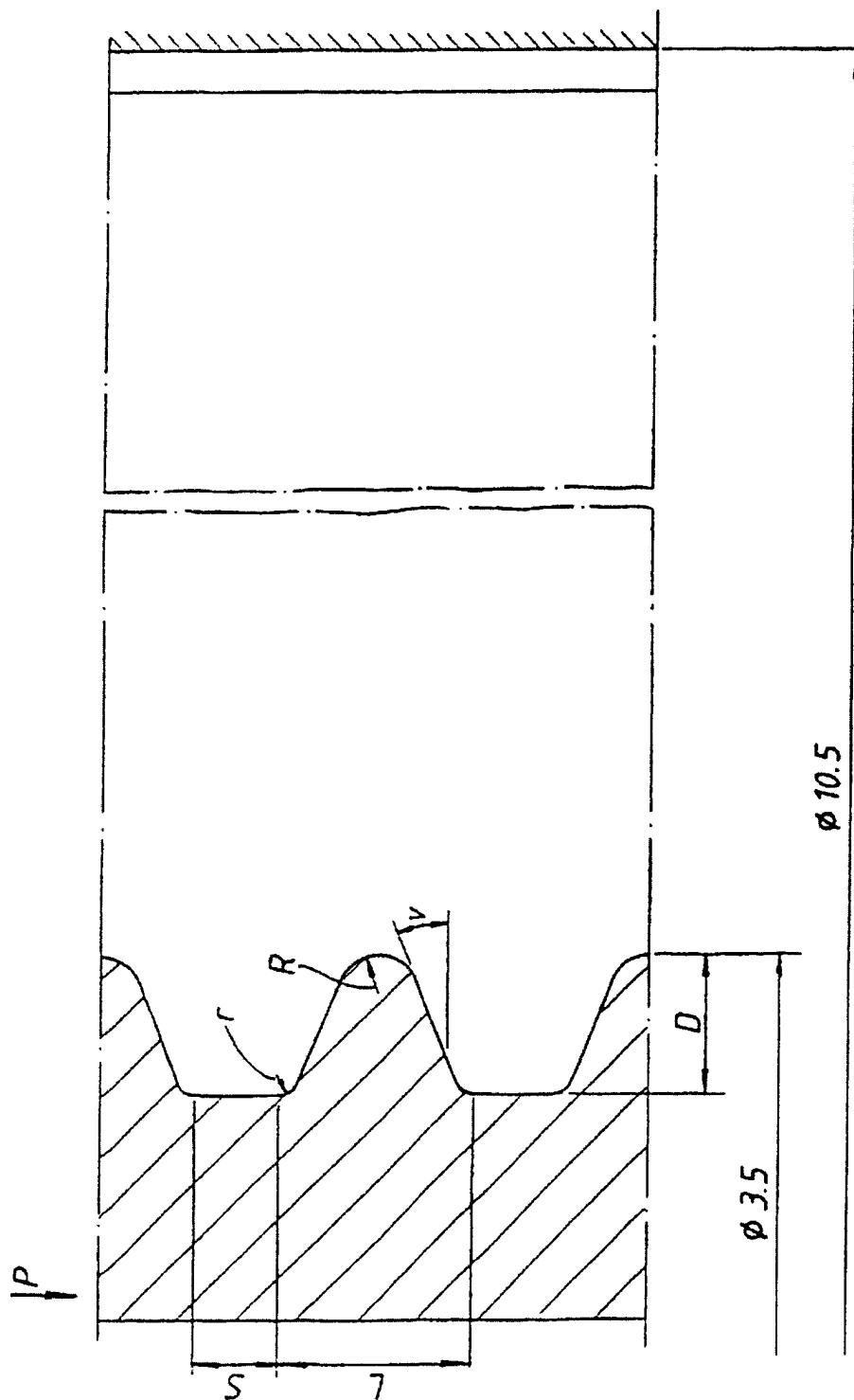


Fig. 1

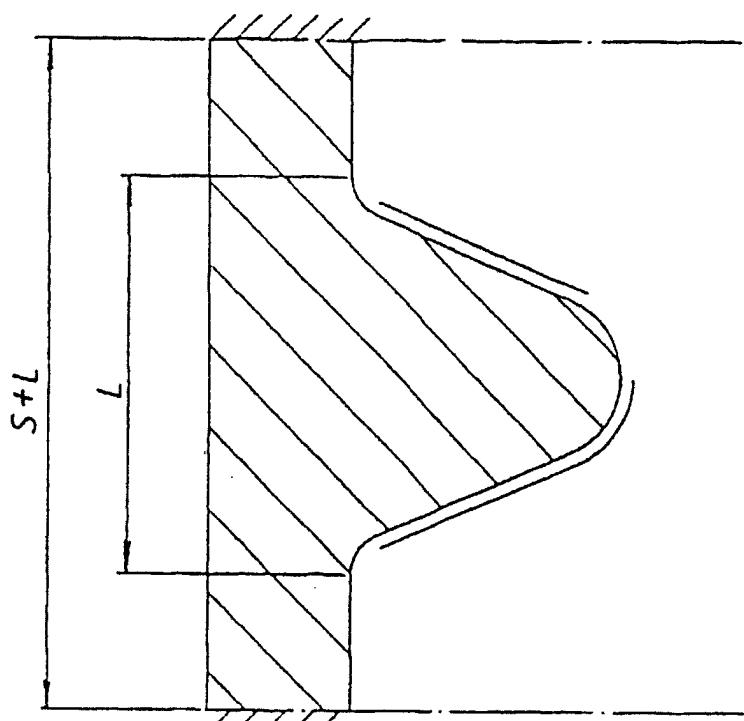


Fig.2

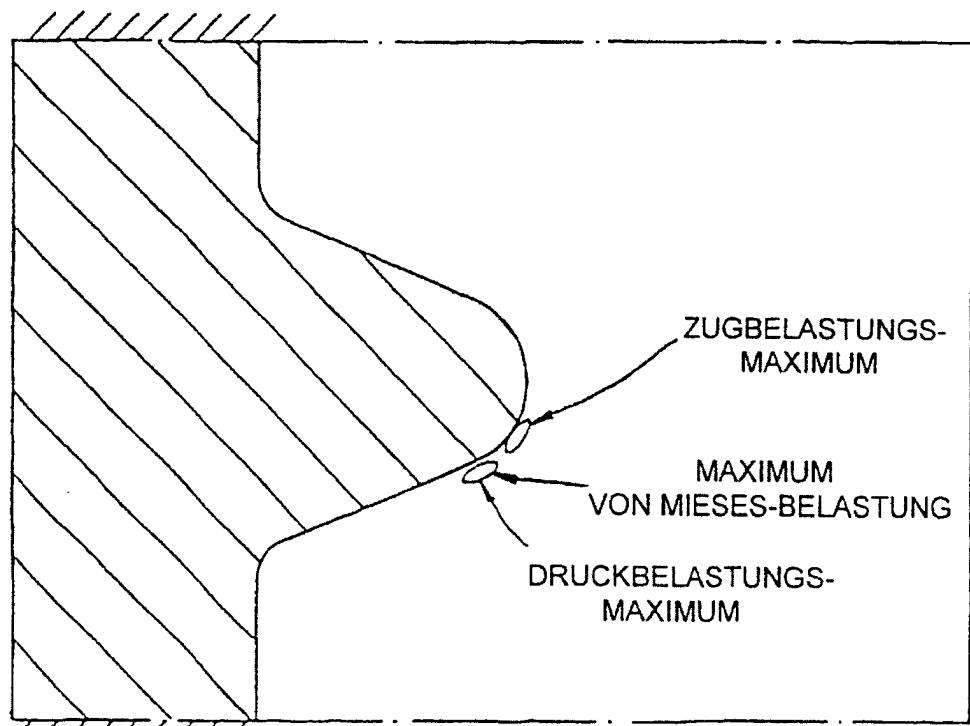


Fig.6

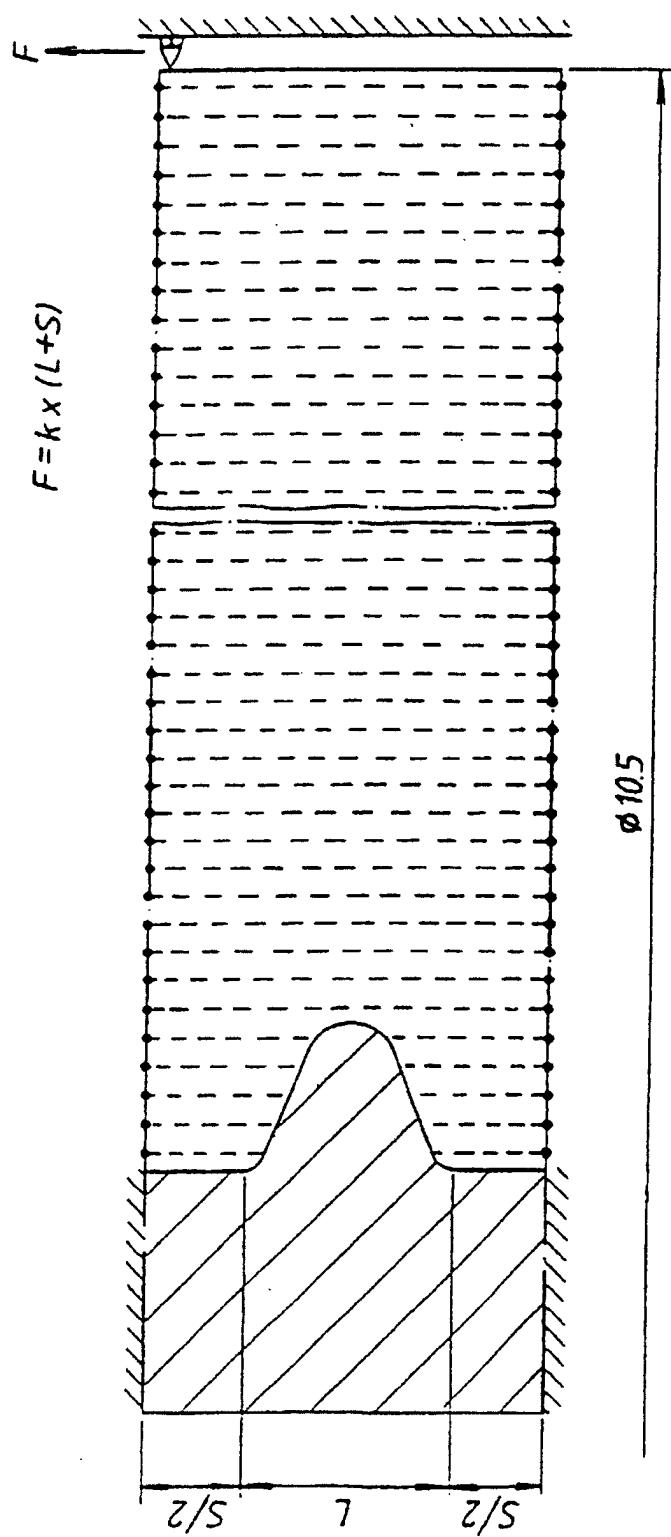


Fig.3

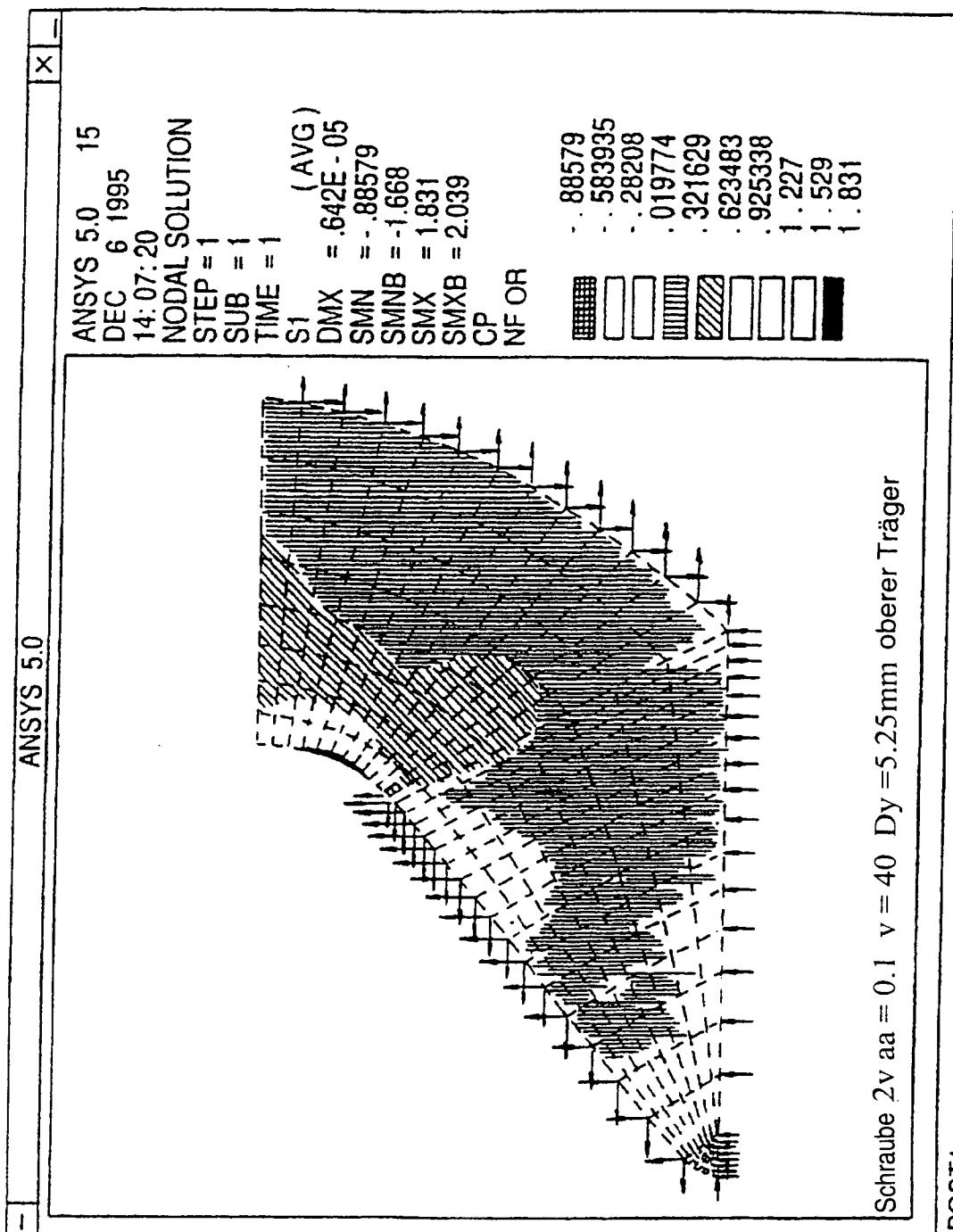


Fig. 4

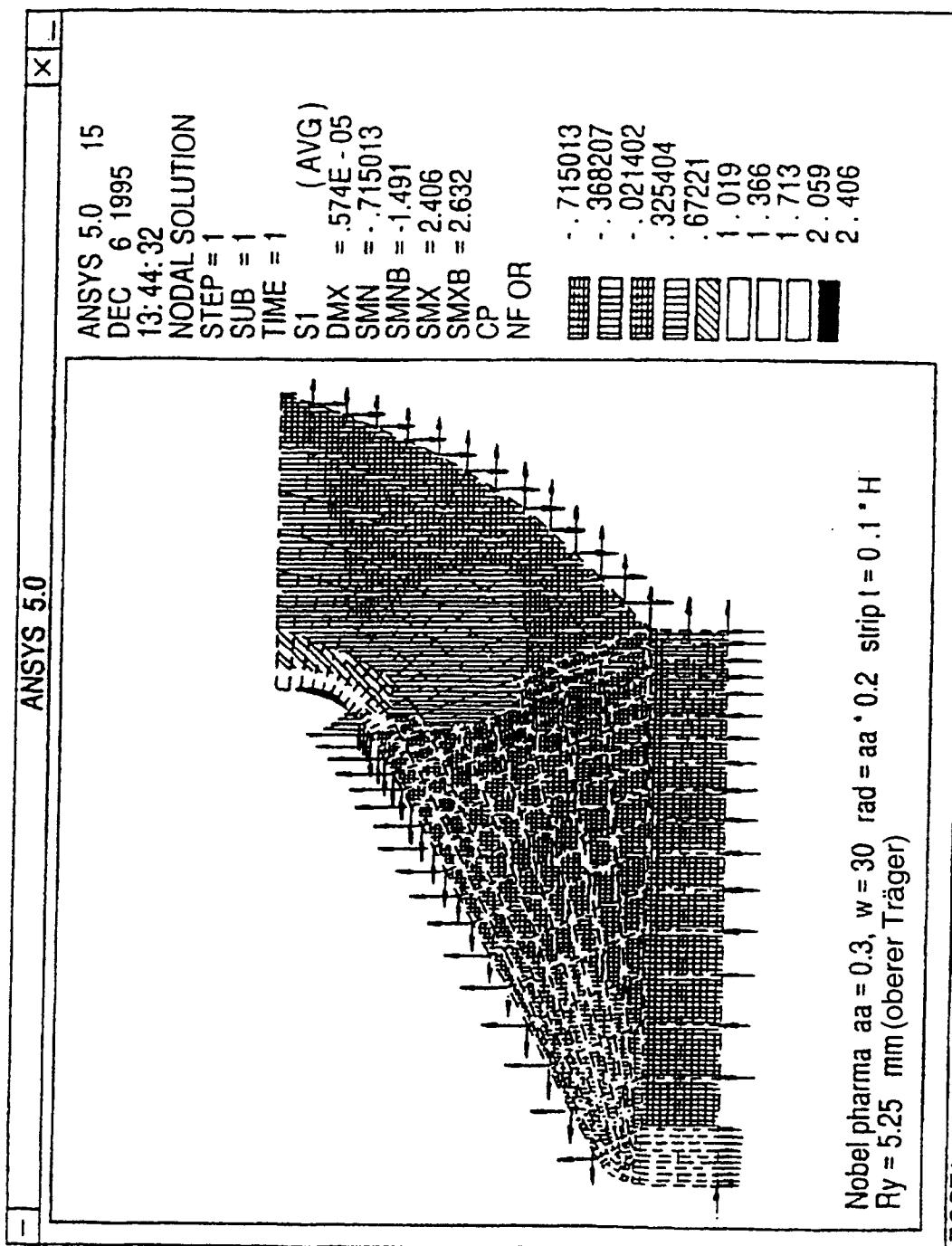


Fig.5

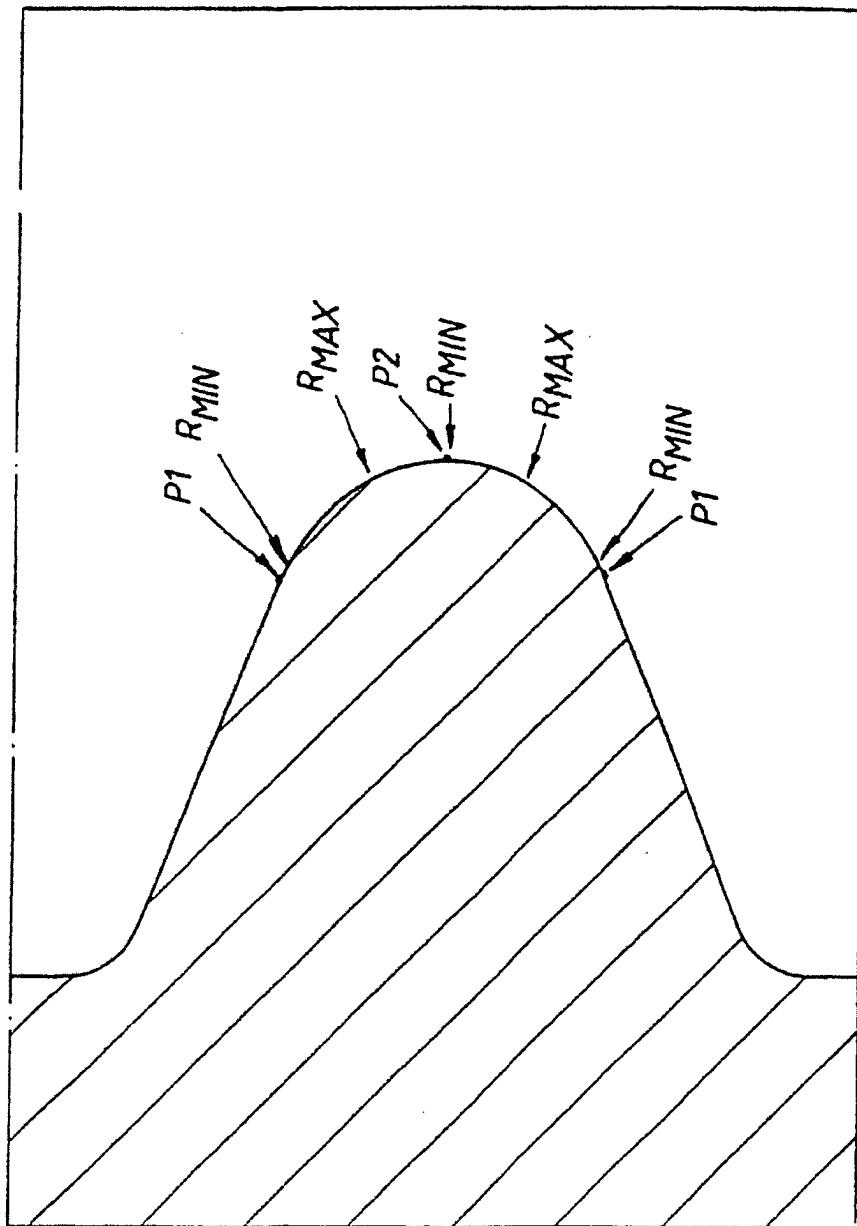


Fig. 7